

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①① N° de publication :
(A n'utiliser que pour
le classement et les
commandes de reproduction).

2.205.996

②① N° d'enregistrement national :
(A utiliser pour les paiements d'annuités,
les demandes de copies officielles et toutes
autres correspondances avec l'I.N.P.I.)

72.39534

BREVET D'INVENTION

PREMIÈRE ET UNIQUE
PUBLICATION

②② Date de dépôt 8 novembre 1972, à 15 h 37 mn.
Date de la décision de délivrance 20 mai 1974.
④⑦ Publication de la délivrance B.O.P.I. — «Listes» n. 22 du 31-5-1974.

⑤① Classification internationale (Int. Cl.) G 01 d 5/00//B 65 g 5/00; E 21 b 47/00.

⑦① Déposant : Service national dit : GAZ DE FRANCE, résidant en France.

⑦③ Titulaire : *Idem* ⑦①

⑦④ Mandataire : Cabinet Z. Weinstein.

⑤④ Procédé et dispositif pour la transmission d'informations.

⑦② Invention de : Roland Numa Raymond et Henry Louis Martin Ferrand.

③③ ③② ③① Priorité conventionnelle :

La présente invention se rapporte d'une manière générale à la transmission instantanée d'informations depuis un émetteur jusqu'à au moins un récepteur éloigné, et concerne plus particulièrement un procédé et un dispositif pour la transmission d'informations depuis un corps enterré ou immergé, et donc normalement inaccessible, tel qu'un tube métallique incorporé à un puits ou conduit pour le stockage ou transport de gaz combustible, dont la longueur est de préférence très grande devant ses dimensions transversales et dont la surface conductrice est au moins imparfaitement isolée par rapport au milieu environnant.

Au cours de la formation et de l'exploitation d'un réservoir souterrain pour le stockage de gaz combustible, par exemple dans une formation aquifère profonde de roche poreuse et perméable ou bien dans une cavité constituée par lessivage contrôlé d'une couche profonde de sel gemme, il est nécessaire de disposer d'informations sur différentes conditions physico-chimiques régnant dans le réservoir, telles que la pression du gaz, le niveau de l'eau ou de la saumure et la température ambiante. Si les paramètres physico-chimiques attachés à ces différentes conditions peuvent être facilement mesurés ou surveillés à l'aide de capteurs appropriés, tels qu'un manomètre, une sonde à contact et un thermo-couple respectivement, la transmission jusqu'à la surface du sol des informations fournies par ces capteurs pose des problèmes délicats à résoudre :

En effet, l'emploi d'une ligne de transmission bifilaire ou à circuits multiples descendue dans le puits ou forage utilisé pour l'injection et l'extraction du gaz présente en pratique des difficultés, non seulement en raison des risques de détérioration auxquels cette ligne se trouverait exposée, mais encore du fait que sa descente dans le puits, son exploitation et sa remontée exigeraient la mise en oeuvre d'un matériel spécial complexe.

Par ailleurs, l'utilisation des tubes du puits et du câble de suspension des appareils de mesure descendus dans ce puits pour constituer un circuit électrique de transmission d'information est impossible à mettre en oeuvre, étant donné que ce câble n'est pas isolé et que les défauts de verticalité du puits peuvent

l'amener en contact avec la paroi interne des tubes en certains points au moins de sa longueur, ce qui créerait autant de courts-circuits dans la voie de transmission.

5 Il est enfin impossible de mettre en oeuvre des moyens de transmission radioélectriques, puisque l'émetteur se trouverait nécessairement à l'intérieur du puits, et que ce dernier d'une part constituerait un blindage efficace s'opposant à toute propagation d'ondes électromagnétiques vers tout récepteur disposé à l'extérieur du puits, et que d'autre part, compte tenu de la grande
10 longueur du puits devant son diamètre et de la présence de joints, de changements de diamètre et autres singularités causes de réflexions multiples, il serait pratiquement impossible d'utiliser ce puits comme guide pour la transmission d'ondes vers un appareil récepteur disposé pour tout ou partie à l'intérieur du tube.

15 Un solution possible consiste certes à descendre au fond du puits un appareil enregistreur assurant le relevé permanent des mesures, et de remonter périodiquement cet appareil en surface pour procéder à l'examen des enregistrements effectués. Cette solution a toutefois pour inconvénients de gêner l'exploitation
20 du réservoir, et surtout de ne permettre aucune mesure en temps réel, et donc d'obliger à différer les interventions éventuellement nécessaires.

Le procédé et le dispositif constituant l'objet de l'invention sont parfaitement exempts de ces inconvénients, en ce qu'ils
25 permettent de surveiller en permanence et en temps réel les conditions régnant dans le réservoir, et ce en ne créant aucune gêne pour son exploitation.

En effet, le procédé conforme à l'invention est essentiellement caractérisé en ce qu'il consiste:

30 - d'une part, à appliquer entre deux points longitudinalement espacés sur la surface du corps précité une différence de potentiel modulée en fonction des informations à transmettre, de manière que ledit corps se comporte sensiblement comme un dipôle de moment électrique variable engendrant dans le milieu
35 environnant un système quasi-stationnaire de surfaces équipotentielles,

- et d'autre part, à capter la différence de potentiel ainsi induite entre deux points éloignés et à démoduler ses variations pour restituer l'information transmise.

5 D'une manière corollaire, le dispositif conforme à l'invention est essentiellement caractérisé en ce qu'il comporte :

- d'une part, un appareil émetteur disposé et agencé pour appliquer entre deux points longitudinalement espacés sur la surface de corps précité une différence de potentiel modulée en fonction des informations à transmettre,

10 - et d'autre part, un appareil récepteur branché entre deux prises de potentiel éloignées et agencé pour démoduler la différence de potentiel captée entre lesdites prises.

Le procédé et le dispositif conformes à l'invention mettent donc en jeu des phénomènes physiques qui permettent de les
15 distinguer clairement des systèmes depuis longtemps connus dits de transmission "par le sol" ou "par l'air", qui impliquent une circulation de courant dans le sol ou dans l'eau entre les paires d'électrodes émettrices et réceptrices ; en effet, comme
20 l'expérience l'a démontré, l'invention n'implique aucune circulation de courant électrique dans le sol, et donne des résultats d'autant meilleurs que le corps enterré ou immergé excité par l'émetteur est mieux isolé du sol ou de l'eau, auquel cas des effets de type capacitif deviennent prédominants.

25 D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront plus clairement à la lecture de la description détaillée qui suit d'un exemple particulier de mise en oeuvre illustré par les dessins annexés, sur lesquels :

- La figure 1 représente schématiquement en coupe un puits desservant un réservoir souterrain de stockage de gaz combustible, auquel est associé un dispositif de transmission
30 d'informations conforme à l'invention ;

- La figure 2 est un diagramme illustrant symboliquement les relations électriques entre le sol, la paroi conductrice du puits et l'appareil émetteur du dispositif de la figure 1, au
35 voisinage immédiat dudit appareil ;

- La figure 3 donne le schéma-bloc de l'appareil émetteur ;

- La figure 4 est un graphique illustrant la forme des

signaux émis par l'appareil 11 de la figure 3 ; et

- La figure 5 donne le schéma-bloc de l'appareil récepteur équipant le dispositif de la figure 1 pour la détection des signaux du type montré sur la figure 4.

5 La figure 1 représente de manière schématique une installation pour le stockage de gaz combustibles dans un réservoir
souterrain 10 par exemple constitué par une formation aquifère
profonde de sable, grès ou autre matériau poreux et perméable
recouvert d'un toit imperméable. Le gaz stocké occupe la partie
10 supérieure de ce réservoir, et déplace l'eau 11 vers les parties
profondes et périphériques de la formation. Dans l'exemple de
réalisation particulier décrit, le dispositif conforme à l'in-
vention a pour objet de surveiller les variations du niveau de
l'interface eau/gaz 12, dont la profondeur moyenne peut être
15 de l'ordre de 1200 mètres.

Le gaz à stocker est injecté dans le réservoir souterrain
10 ou extrait de ce dernier en fonction des besoins au moyen
d'un puits 20, qui comprend essentiellement un chemisage extérieur
ou "basing" 21 entouré d'un cuvelage cimenté et dans l'axe duquel
20 est disposé le train de tubes ou "tubing" 22, relié de manière
étanche au chemisage d'une part au niveau de la surface du sol par
un joint annulaire 23 et d'autre part au niveau du toit du réservoir
10 par un obturateur annulaire ou "packer" 24. Dans le réservoir
10, le train de tubes 22 est prolongé jusqu'au dessous du niveau
25 minimum de l'interface eau/gaz 12 par une crépine 25 permettant
l'injection ou l'extraction du gaz ; à la surface, le train de tubes
22 est mis en relation par une vanne à passage direct 26 avec un
sas 27 permettant l'introduction dans le puits d'instruments ou
appareils sans perte de gaz à l'atmosphère. Ces instruments ou
30 appareils peuvent être descendus dans le puits au moyen d'un
câble 28 sortant de manière étanche par l'extrémité 29 du sas
27 pour venir s'enrouler sur un treuil (non représenté).

Le dispositif de transmission d'informations décrit ci-après
à titre d'exemple de mise en oeuvre de l'invention a pour objet
35 de surveiller les variations de l'interface eau/gaz 12 dans le
réservoir souterrain 10. Ce dispositif est essentiellement

constitué par un appareil émetteur 30 descendu dans le puits 20 à l'aide du câble 28 jusqu'au niveau du réservoir souterrain 10, et d'un appareil récepteur 40 implanté à la surface du sol.

Comme montré sur la figure 2, l'appareil émetteur 30 est essentiellement constitué par la combinaison d'un capteur ou transducteur C et d'un générateur de tension G, dont les deux bornes sont respectivement mises en relation par des contacts glissants 31, 32 avec des points M1, M2, axialement espacés d'une distance ΔL , de la paroi conductrice du train de tubes 22 ou de la crépine 25 qui le prolonge dans le réservoir 10; le capteur C est pour sa part essentiellement constitué de deux plongeurs-électrodes 33, 34 normalement isolés et électriquement mis en relation lorsqu'ils entrent en contact avec la surface libre 12 de l'eau 11.

Comme le montre la partie médiane de la figure 2, la paroi conductrice du train de tubes 22 ou de la crépine 25 peut être électriquement assimilée au montage en série de résistances r de faibles valeurs ohmiques correspondant à la résistance linéique de ladite paroi, dont les points de jonction sont reliés à la terre T par des résistances R de très fortes valeurs ohmiques correspondant à la résistance d'isolation des tubes 22 par rapport à la terre T ou de la crépine 25 par rapport à l'eau 11. Ces tubes 22 et la crépine 25 étant habituellement faits d'acier et se trouvant en contact imparfait avec la terre, ne serait-ce qu'en raison de la présence du cuvelage de ciment, le rapport R/r est normalement très élevé.

Il s'ensuit que le train de tubes 22 et la crépine 25 qui le prolonge peuvent être assimilés à une ligne à constantes réparties dont l'excitation par le générateur de tension G, supposé de force électromotrice $2 \Delta U$, implique la distribution de potentiel partiellement représentée sur la partie droite de la figure 2 : entre les points M1, M2 respectivement engagés par les contacts glissants 31, 32 du générateur de tension G, le potentiel de la paroi varie sensiblement linéairement entre les valeurs $+\Delta U$ et $-\Delta U$, à une constante près. De part et d'autre des points M1 et M2, le potentiel décroît suivant une loi sensiblement exponentielle pour finalement s'identifier au

potentiel de la t rre, de valeur nulle par définition, à une distance qui dépend essentiellement du rapport R/r , supposé de valeur constante. De la sorte, tout se passe comme si la partie du puits 20 située au-dessus de l'émetteur 30 portait une charge électrostatique $+Q$, et la partie de ce tube située en dessous de l'émetteur 30 une charge électrostatique $-Q$; c'est dire qu'une partie au moins du puits 20 ainsi excité se comporte comme un dipôle de grand moment électrique .

Au dipôle ainsi constitué est nécessairement associé un système de surfaces équipotentielles, et donc une distribution de champ électrique, dont la configuration dépend de nombreux paramètres, pour la plupart incontrôlables, mais dans lequel le gradient de potentiel est en chaque point est proportionnel à la force électromotrice $2 \Delta U$ appliquée par le générateur de tension G entre les points M_1 , M_2 de la paroi des tubes 22 ou de la crépine 25. C'est dire que toute variation de cette différence de potentiel $2 \Delta U$ se traduit à distance par une variation proportionnelle du gradient de potentiel existant entre deux points déterminés, supposés situés sur des surfaces équipotentielles différentes.

L'invention met précisément à profit ce phénomène en utilisant au moyen de l'appareil récepteur 40 les variations de la différence de potentiel induite entre deux prises de terres éloignées, variations qui reflètent fidèlement celles de la tension du générateur G de l'appareil émetteur 30. Ces deux prises de terre devant être situées, comme déjà indiqué, sur des surfaces équipotentielles différentes, une solution commode consiste, comme montré sur la figure 1, à brancher l'appareil récepteur 40 entre une prise de masse M faite sur un élément du puits 20, tel le sas 28, et une prise de terre T éloignée de l'axe de ce puits. Bien entendu, la qualité de cette prise de terre T comme celle de la prise de masse M est essentielle pour le bon fonctionnement du dispositif de transmission conforme à l'invention.

Les figures 3, 4 et 5 illustrent schématiquement et respectivement une structure possible de l'appareil émetteur 30, la forme des signaux engendrés par cet émetteur, et la structure

d'un appareil récepteur 40 adapté à la réception de tels signaux :

Comme montré par le schéma-bloc de la figure 3, l'appareil émetteur 30 comprend, outre le capteur C et le générateur de tension G déjà mentionnés, un interrupteur ou montage équivalent 35 commandé par ledit capteur pour permettre l'application de la tension fournie par le générateur G à l'entrée d'un premier oscillateur 36 engendrant une onde en créneaux de fréquence 1 Hz; la sortie de cet oscillateur 36 est reliée à l'entrée d'un second oscillateur 37 de fréquence nominale 20 Hz, dont le fonctionnement est asservi non seulement à celui de l'oscillateur 36, mais encore à celui d'un encodeur E commandé par le capteur C. Le signal de sortie de l'oscillateur 37 est traité par un amplificateur de puissance 38 avant d'être appliqué entre les points M1, M2 de la paroi 22 du puits par l'intermédiaire des contacts glissants 31, 32.

La figure 4 montre la forme du signal engendré par l'appareil émetteur 30 de la figure 3, la tension ΔU étant portée en ordonnées, tandis que l'axe des abscisses est gradué en temps, à savoir en vingtièmes de seconde. Le signal de sortie de l'oscillateur 36 de fréquence nominale 1 Hz, représenté en traits tiretés, est nul de l'instant 0 à l'instant 13, et prend la valeur ΔU entre ce dernier instant et l'instant 20, c'est-à-dire au cours d'environ un tiers de seconde. Ce créneau rectangulaire est modulé par l'oscillateur 37, qui laisse passer à chacun des vingtièmes de seconde numérotés 13 à 19 une impulsion étroite I de durée sensiblement égale à un soixantième de seconde. Ainsi, le signal de sortie de l'oscillateur 36 présente un rapport cyclique d'environ un tiers, comme celui de l'oscillateur 37, de sorte que la puissance moyenne fournie par la source d'alimentation de l'appareil émetteur 30 est presque dix fois inférieure à la puissance de crête des impulsions appliquées entre les points M1 et M2. Le signal ainsi constitué a pour avantages d'être identifiable, même en présence d'un bruit de fond élevé, et éventuellement de pouvoir être codé par suppression sélective de certaines des impulsions I sous contrôle de l'encodeur E; six impulsions au moins étant utilisables à cet effet, la septième

étant préservée pour servir de repère temporel, on dispose donc pour la transmission d'un code binaire à six positions et soixante quatre mots.

Le signal ainsi transmis par l'appareil émetteur 30 est capté par l'appareil récepteur 40, qui peut présenter la structure représentée schématiquement sur la figure 5 : la borne de terre T et la borne de masse M sont respectivement reliées aux deux entrées d'un préamplificateur 41 de type différentiel présentant une très forte impédance d'entrée; un filtre passe-bas 42 couplé à la sortie du préamplificateur 41 permet d'éliminer la plupart des bruits parasites, dont la fréquence fondamentale est largement supérieure à 20 Hz. Le signal ainsi amplifié et filtré est appliqué aux entrées de deux amplificateurs sélectifs 43, 44 qui en extraient respectivement les composantes à 1 et 20 Hz et les portent à un niveau suffisant pour l'attaque de détecteurs respectifs 45, 46; le détecteur 46 du signal à 20 Hz, activé par le détecteur 45 du signal à 1 Hz, fournit donc en sortie le train d'impulsions I de la figure 4, pratiquement exempt de signaux parasites. Si besoin est, ce train d'impulsions est traité par un décodeur D pour restituer l'information initialement fournie par le capteur C de l'appareil émetteur 30 de la figure 3. Les agencements décrits et illustrés des appareils émetteur et récepteur comme la forme du signal utilisé, ont pour but essentiel d'illustrer un mode concret d'exploitation du procédé de transmission conforme à l'invention, et ne constituent qu'un exemple choisi parmi les très nombreux types de dispositifs susceptibles d'être utilisés à cet effet. De même, l'utilisation décrite et illustrée pour la mesure et la surveillance de paramètres d'exploitation d'un réservoir souterrain de gaz combustible ne constitue qu'un exemple particulier des très nombreuses applications où ce procédé de transmission pourrait être utilisé avec avantage.

C'est dire d'une manière plus générale que l'invention n'est nullement limitée aux exemples de mise en oeuvre décrits et illustrés, mais au contraire comprend tous les moyens constituant des équivalents techniques de ceux décrits et illustrés, considérés séparément ou en combinaison et mis en oeuvre dans le cadre des revendications qui suivent.

- R E V E N D I C A T I O N S -

1.- Procédé pour la transmission d'informations depuis un corps enterré ou immergé, tel qu'un tube métallique incorporé à un puits ou conduit pour le stockage ou transport de gaz combustible, dont la longueur est de préférence très grande devant
5 ses dimensions transversales et dont la surface conductrice est au moins imparfaitement isolée par rapport au milieu environnant, caractérisé en ce qu'il consiste :

- d'une part, à appliquer entre deux points longitudinalement espacés sur ladite surface une différence de potentiel modulée en
10 fonction des informations à transmettre, de manière que ledit corps se comporte sensiblement comme un dipôle de moment électrique variable engendrant dans le milieu environnant un système quasi-stationnaire de surfaces équipotentiellles,

- et d'autre part, à capter la différence de potentiel ainsi
15 induite entre deux points éloignés et à démoduler ses variations pour restituer l'information transmise.

2.- Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la différence de potentiel induite est captée entre deux points
20 situés à des distances inégales de l'axe longitudinal du corps ou de son prolongement.

3.- Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la différence de potentiel induite est captée entre un point accessible de la surface du corps et un point transversalement
éloigné de ladite surface.

25 4.- Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que les deux points entre lesquels est captée la différence de potentiel induite sont situés en surface.

5.- Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que la modulation de la différence de potentiel
30 émise est de type impulsionnel.

6.- Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce que la différence de potentiel émise est modulée sous la forme de trains d'impulsions à grand rapport cyclique et à fréquence de

réurrence constante, et en ce que la démodulation de la différence de potentiel captée comprend une opération de filtrage à cette même fréquence.

5 7.- Dispositif pour la transmission d'informations depuis un corps enterré ou immergé, tel qu'un tube métallique incorporé à un puits ou conduit pour le stockage ou transport de gaz combustible, dont la longueur est de préférence très grande devant ses dimensions transversales et dont la surface conductrice est au moins imparfaitement isolée par rapport au milieu environnant,
10 caractérisé en ce qu'il comprend :

- d'une part, un appareil émetteur disposé et agencé pour appliquer entre deux points longitudinalement espacés sur la surface du corps une différence de potentiel modulée en fonction des informations à transmettre,

15 - et d'autre part, un appareil récepteur branché entre deux prises de potentiel éloignées et agencé pour démoduler la différence de potentiel captée entre lesdites prises.

8.- Dispositif selon la revendication 7, caractérisé en ce que l'appareil émetteur précité comprend en combinaison un
20 générateur de tension appliquant une différence de potentiel entre deux électrodes en contact avec la surface précitée, au moins un capteur ou transducteur sélectivement sensible à un paramètre physico-chimique lié à l'environnement dudit appareil émetteur, et des moyens pour moduler la différence de potentiel fournie
25 par ledit générateur en fonction de l'état de la sortie dudit transducteur.

9.- Dispositif selon la revendication 8, caractérisé en ce que les moyens précités modulent la différence de potentiel fournie par le générateur précité par transition brusque entre
30 deux niveaux suivant une loi de conversion prédéterminée.

10.- Dispositif selon la revendication 9, caractérisé en ce que les moyens précités modulent la différence de potentiel fournie par le générateur précité sous la forme de trains d'impulsions à grand rapport cyclique et à fréquence de réurrence
35 constante.

11.- Dispositif selon la revendication 10, caractérisé en ce que l'appareil émetteur précité comprend en outre un encodeur

assurant le codage des trains d'impulsions précitées.

- 12.- Dispositif selon l'une quelconque des revendications 7 à 10, caractérisé en ce que l'appareil récepteur précité comprend essentiellement un capteur électrométrique, tel qu'un
- 5 amplificateur différentiel à forte impédance d'entrée, branché entre les deux prises de potentiel précitées, des moyens pour filtrer les composantes utiles de la différence de potentiel variable captée entre lesdites prises, et des moyens pour restituer à partir du signal ainsi filtré les informations
- 10 initialement fournies par le capteur de l'appareil émetteur.

13.- Dispositif selon la revendication 12, caractérisé en ce que l'appareil récepteur précité est branché entre deux prises de terre situées à des distances inégales de l'axe longitudinal du corps ou de son prolongement.

- 15 14.- Dispositif selon la revendication 12, caractérisé en ce que l'appareil récepteur précité est branché entre une prise de masse faite en un point accessible de la surface du corps et une prise de terre située en un point transversalement éloigné de ladite surface.

Fig: 1.

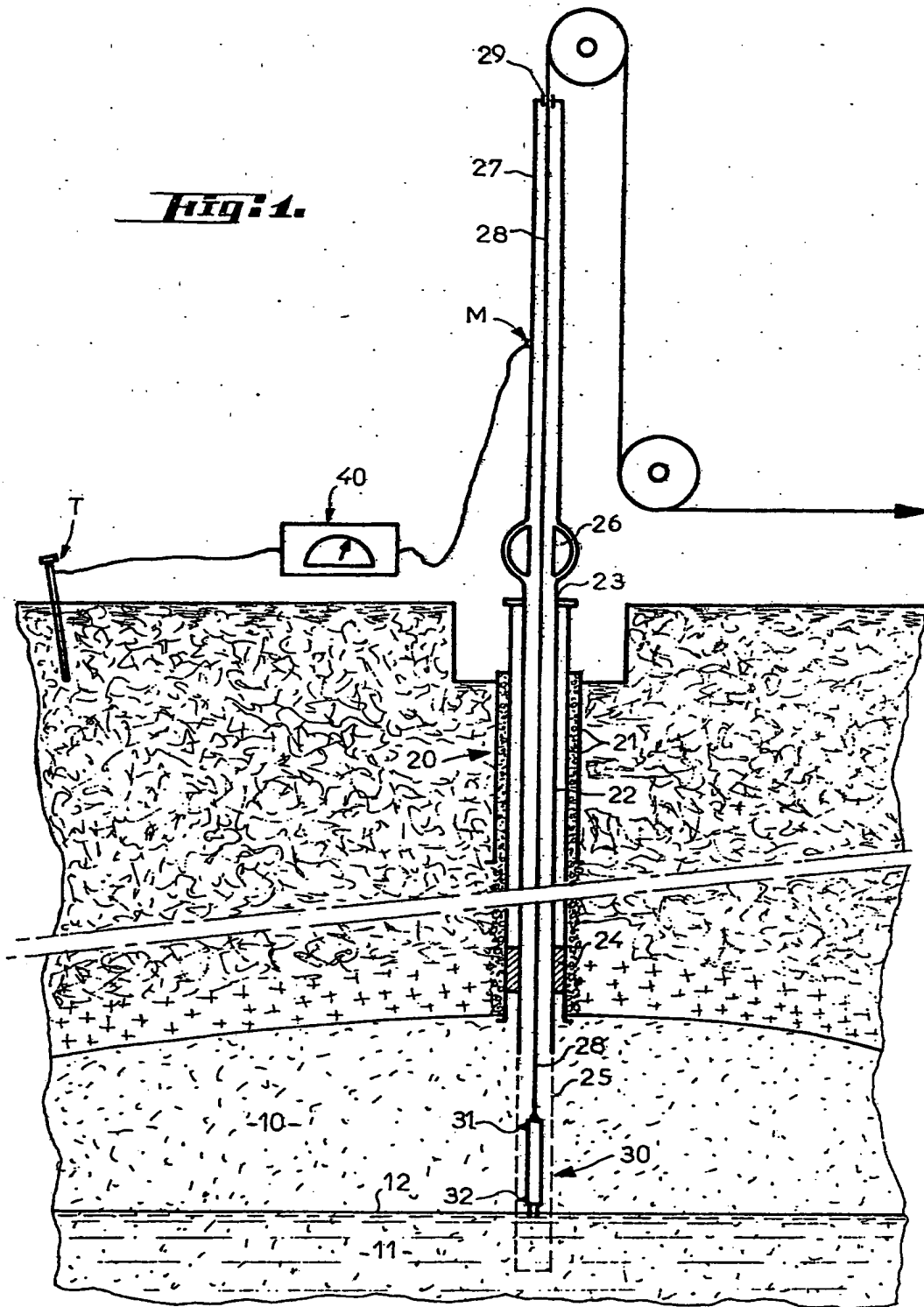


Fig. 2.

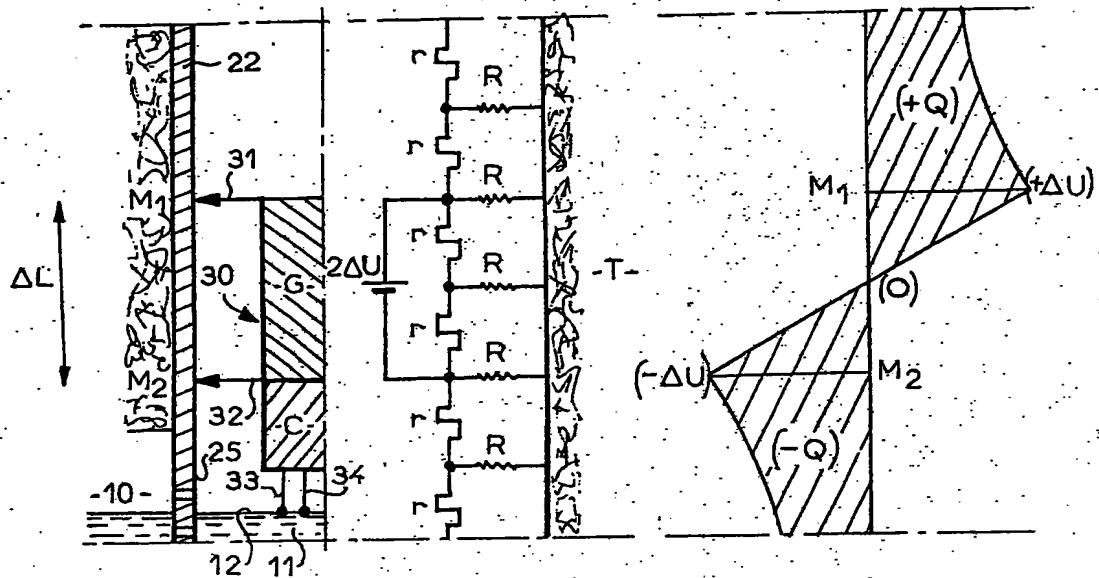


Fig. 3.

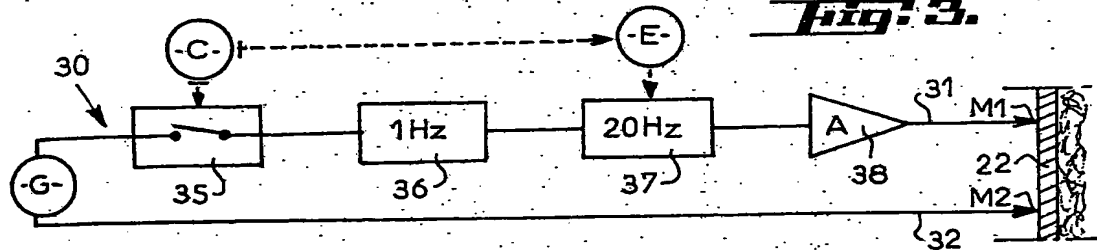


Fig. 4.

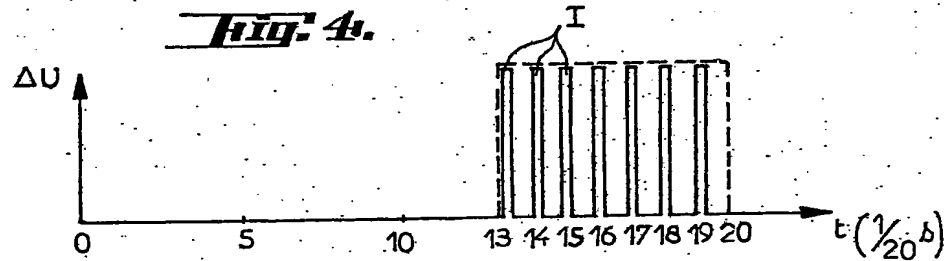


Fig. 5.

